

薄膜パターニング方法、薄膜デバイスの製造方法及び薄膜磁気ヘッドの製造方法
(THIN-FILM PATTERNING METHOD, MANUFACTURING METHOD OF THIN-FILM DEVICE AND
MANUFACTURING METHOD OF THIN-FILM MAGNETIC HEAD)

発明の技術分野 (FIELD OF THE INVENTION)

本発明は、収束イオンビーム (F I B) を用いた薄膜のパターニング方法、薄膜デバイスの製造方法及び薄膜磁気ヘッドの製造方法に関する。

関連技術の説明 (DESCRIPTION OF THE RELATED ART)

図 1 a ~ 1 c は、F I B を用いて最終的にパターニングすべき薄膜 (被パターニング薄膜) を直接パターニングする従来の方法を示す工程図である。

まず、図 1 a に示す基板 1 0 を用意し、その上に、図 1 b に示すように被パターニング薄膜 1 1 をスパッタリング等によって成膜する。次いで、図 1 c に示すように、F I B により不要部分をエッチング除去することによってパターニングされた薄膜 1 1 ' が得られる。

このように F I B を用いてパターニングすることにより、マスクレス加工が可能となり、また、微細なパターニング加工の可能性がある。

しかしながら、F I B を用いた従来のパターニング方法は、被パターニング薄膜に直接照射される F I B が、その中心に完全に収束したビームではなくガウス分布状の拡がりを持つビームであることから、エッチングすべきではない上端縁部分等が多少エッチングされてしまい、パターニング加工精度をさほど向上できないという問題を有している。

さらに、F I B を用いた従来のパターニング方法は、そもそも F I B が荷電された G a 等のイオンを被パターニング薄膜に照射するものであることから、この荷電イオンによる帯電で被パターニング薄膜が静電破壊される可能性があるという問題をも有している。

発明の要約 (SUMMARY OF THE INVENTION)

従って本発明の目的は、加工解像度をより高めることができる薄膜パターニング方法、薄膜デバイスの製造方法及び薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。

本発明の他の目的は、被パターニング薄膜が静電破壊によるダメージを受けることを防止できる薄膜パターニング方法、薄膜デバイスの製造方法及び薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することにある。

本発明によれば、パターニングすべき薄膜の表面に少なくとも 1 つの剥離可能な膜を形成し、F I B を用いて少なくとも 1 つの剥離可能な膜及び被パターニング薄膜をパターニングした後、少なくとも 1 つの剥離可能な膜を除去する薄膜パターニング方法、この薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成する薄膜デバイス又は薄膜磁気ヘッドの製造方法が提供される。

被パターニング薄膜上に剥離可能な膜を形成したその上から F I B を行うことにより、F I B にビーム拡がりがあっても、パターン縁部において余分にエッチングされるのは、パターニング後に除去される剥離可能な膜の上端部分のみであり、被パターニング薄膜は余分にエッチングされるようなことがなくなる。従って、パターニング加工の解像度を大

幅に高めることができ、加工精度が大きく向上する。

本発明によれば、さらに、少なくとも1つの剥離可能な膜を形成し、FIBを用いて少なくとも1つの剥離可能な膜をパターンニングし、パターンニングした少なくとも1つの剥離可能な膜をマスクに用いて被パターンニング薄膜を成膜した後、パターンニングした少なくとも1つの剥離可能な膜を除去する薄膜パターンニング方法、この薄膜パターンニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成する薄膜デバイス又は薄膜磁気ヘッドの製造方法が提供される。

リフトオフ法で用いられるマスクパターンをFIBを用いてパターンニングすれば、光学的にパターンニングする場合にそのパターンニング寸法の限界が幅0.2 μm 程度であったものをさらに高めることができる。しかも、剥離可能な膜を介してFIBすることにより、FIBにビーム拡がりがあっても、パターン縁部において余分にエッチングされるのは、パターンニング後に除去される剥離可能な膜の上端部分のみであり、マスクパターンとして重要なその下端部分は余分にエッチングされるようなことがなくなる。従って、パターンニング加工の解像度を大幅に高めることができ、加工精度が大きく向上する。

本発明によれば、さらにまた、パターンニングすべき第1の薄膜の表面に少なくとも1つの剥離可能な膜を形成し、FIBを用いて少なくとも1つの剥離可能な膜及びパターンニングすべき第1の薄膜をパターンニングし、パターンニングした少なくとも1つの剥離可能な膜及びパターンニングした第1の薄膜をマスクに用いてパターンニングすべき第2の薄膜を成膜した後、パターンニングした少なくとも1つの剥離可能な膜を除去する薄膜パターンニング方法、この薄膜パターンニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成する薄膜デバイス又は薄膜磁気ヘッドの製造方法が提供される。

FIBを用いてパターンニングした第1の薄膜をリフトオフ法で用いられるマスクパターンとしているので、光学的にパターンニングする場合にそのパターンニング寸法の限界が幅0.2 μm 程度であったものをさらに高めることができる。しかも、パターンニングすべき第1の薄膜上に剥離可能な膜を形成したその上からFIBを行うことにより、FIBにビーム拡がりがあっても、パターン縁部において余分にエッチングされるのは、パターンニング後に除去される剥離可能な膜の上端部分のみであり、パターンニングすべき第1の薄膜は余分にエッチングされるようなことがなくなる。従って、この第1の薄膜のパターンニング精度が向上することはもちろんのこと、次の第2の薄膜のパターンニングにおけるマスクパターンとして重要な余分もエッチングされるようなことがなくなるから、マスクパターンニング加工の解像度を大幅に高めることができ、第1及び第2の両薄膜の加工精度が大きく向上する。

少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜であるか、又は導電性有機膜であることが好ましい。

少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜と、この絶縁性有機膜上に形成された例えば金属膜又は導電性有機膜のごとき導電性膜との2層構造を含むものであることが好ましい。

このような2層構造の膜を含むことにより、荷電イオンによる電荷が導電性膜へ逃げると、被パターンニング薄膜が帯電しないので静電破壊発生を効果的に防止することができる。

上述した導電性膜が接地された膜であれば、電荷が接地側へ逃げるため、より確実な静电破壊防止効果を期待することができる。

本発明の他の目的及び効果は、添付図面で説明される本発明の好ましい実施態様に関する以下の記載から明らかとなるであろう。

図面の簡単な説明 (BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS)

図1 a～1 cは、FIBを用いて被パターニング薄膜を直接パターニングする従来の方法を示す工程図である；

図2 a～2 fは、本発明の一実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である；

図3 a～3 fは、本発明の他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である；

図4 a～4 gは、本発明のさらに他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である；

図5 a～5 gは、本発明のまたさらに他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である；そして

図6 a～6 hは、本発明のさらに他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である。

好ましい実施形態の説明 (DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS)

図2 a～2 fは本発明の一実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である。この実施形態は、FIBによって被パターニング薄膜を直接的にパターニングする方法である。被パターニング薄膜としては、薄膜デバイスのいかなる膜であっても良い。薄膜磁気ヘッドにおいては、例えば、磁極を形成する薄膜、磁気抵抗効果素子を構成する薄膜又は多層膜等がある。

図2 aに示すように、まず、基板又はパターニングすべき薄膜の下層となる層20を用意し、その上に、図2 bに示すように被パターニング薄膜21をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、図2 cに示すように、剥離可能な膜として例えば絶縁性有機膜22をその上に塗布し、さらに、図2 dに示すように、その上に導電性膜23をスパッタリング又は塗布等により成膜する。

その後、図2 eに示すように、FIBにより不要部分をエッチング除去することによってパターニングされた導電性膜23'、パターニングされた絶縁性有機膜22'及びパターニングされた薄膜21'が得られる。次いで、有機溶剤等によって、パターニングされた絶縁性有機膜22'を溶融し、これをその上の導電性膜23'と共に除去することによって、図2 fに示すようなパターニングされた薄膜21'が得られる。

なお、剥離可能な膜としては、塗布等により薄膜化できかつ有機溶剤に溶けるものであれば絶縁性有機膜に限定されないことは明らかである。例えば、後述するように、導電性有機膜であっても良い。

絶縁性有機膜22としては、例えばレジスト等の有機樹脂膜があげられる。具体的なレ

ジスト材料としては、ポリグリシジルメタクリレート、グリシジルメタクリレート及びエチルアクリレート重合体、クロロメチル化ポリスチレン、ポリビニルフェノール+アジド化合物、及びノボラック系樹脂+架橋剤+酸発生剤等のネガ型レジスト材料や、ポリメチルメタクリレート、ポリ（ブテンー１－スルホン）、ノボラック系樹脂+溶解阻害剤、例えばPMP S（ポリ（２－メチルペンテンー１－スルホン）、ポリ（２，２，２－トリフルオロエチルー２－クロロアクリレート）、アルファメチルスチレン及びアルファクロロアクリル酸の共重合体、及びノボラック系樹脂+キノンジアジド等のポジ型レジスト材料等がある。

導電性膜２３としては、金属膜又は導電性有機膜があげられる。金属膜としては、あらゆる種類の金属材料が適用可能である。具体的な導電性有機膜材料としては、ポリ（イソチアナフテンジイルスルホネート）、TCNQ鎖体+ポリマー、ポリ（３－チエニルアルカンスルホン酸化化合物）、及びスルホン化ポリアニリンのアンモニア塩等がある。また、導電性膜２３としてカーボンを用いても良い。

上述したように、本実施形態によれば、剥離可能な膜である絶縁性有機膜２２と導電性膜２３との２層を被パターンニング薄膜２１上に成膜してからFIBを行っているため、FIBにビーム当たりがあっても、パターン縁部において余分にエッチングされるのは、パターンニング後に除去される絶縁性有機膜２２の上端部分のみであり、被パターンニング薄膜２１は余分にエッチングされるようなことがなくなるから、パターンニング加工の解像度を大幅に高めることができ、加工精度が大きく向上する。さらに、絶縁性有機膜２２の上に導電性膜２３が設けられているため、FIBの荷電イオンによる電荷が面積の大きいこの導電性膜２３側へ逃げるので被パターンニング薄膜２１が帯電することはなくなり、この被パターンニング薄膜２１の静電破壊を効果的に防止することができる。

また、導電性膜２３が接地された膜であれば、電荷が接地側へ逃げるため、より確実な静電破壊防止効果を期待することができる。

なお、図２a～２fの実施形態においては、被パターンニング薄膜２１上に絶縁性有機膜２２及び導電性膜２３の２層を積層してFIBを行っているが、これら２層に加えてさらなる膜を設けてFIBを行っても良い。また、絶縁性有機膜又は例えば導電性有機膜のごとき剥離可能な導電性膜の単層を積層してFIBを行っても良い。ただし、後者の場合は、静電破壊防止効果は期待できない。

図３a～３fは本発明の他の実施形態における薄膜パターンニング方法を示す工程図である。この実施形態は、リフトオフ法におけるマスクをFIBによってパターンニングする方法である。被パターンニング薄膜としては、薄膜デバイスのいかなる膜であっても良い。薄膜磁気ヘッドにおいては、例えば、磁気抵抗効果素子の縦バイアス膜、リード導体膜等がある。

図３aに示すように、まず、基板又はパターンニングすべき薄膜の下層となる層３０を用意し、その上に、図３bに示すように、剥離可能な膜として例えば絶縁性有機膜３２をその上に塗布し、さらに、図３cに示すように、その上に導電性膜３３をスパッタリング又は塗布等により成膜する。

その後、図３dに示すように、FIBにより不要部分をエッチング除去することによってパターンニングされた導電性膜３３'及びパターンニングされた絶縁性有機膜３２'が得ら

れる。

次いで、図 3 e に示すように、これらパターニングされた導電性膜 3 3' 及びパターニングされた絶縁性有機膜 3 2' をマスクとして、パターニングすべき薄膜 3 4 をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、通常のリフトオフ法と同様に、有機溶剤等によってマスクパターンを除去する、即ちパターニングされた絶縁性有機膜 3 2' を溶解し、これをその上の導電性膜 3 3' と共に除去することによって、図 3 f に示すようなパターニングされた薄膜 3 4' が得られる。

なお、剥離可能な膜としては、塗布等により薄膜化できかつ有機溶剤に溶けるものであれば絶縁性有機膜に限定されないことは明らかである。例えば、後述するように、導電性有機膜であっても良い。

絶縁性有機膜 3 2 としては、例えばレジスト等の有機樹脂膜があげられる。具体的なレジスト材料としては、ポリグリシジルメタクリレート、グリシジルメタクリレート及びエチルアクリレート重合体、クロロメチル化ポリスチレン、ポリビニルフェノール+アジド化合物、及びノボラック系樹脂+架橋剤+酸発生剤等のネガ型レジスト材料や、ポリメチルメタクリレート、ポリ（ブテン-1-スルホン）、ノボラック系樹脂+溶解阻害剤、例えば PMP S（ポリ（2-メチルペンテン-1-スルホン）、ポリ（2, 2, 2-トリフルオロエチル-2-クロロアクリレート）、アルファメチルスチレン及びアルファクロロアクリル酸の共重合体、及びノボラック系樹脂+キノンジアジド等のポジ型レジスト材料等がある。

導電性膜 3 3 としては、金属膜又は導電性有機膜があげられる。金属膜としては、あらゆる種類の金属材料が適用可能である。具体的な導電性有機膜材料としては、ポリ（イソチアナフテンジイルスルホネート）、TCNQ 鎖体+ポリマー、ポリ（3-チエニルアルカンスルホン酸化合物）、及びスルホン化ポリアニリンのアンモニア塩等がある。また、導電性膜 3 3 としてカーボンを用いても良い。

上述したように、本実施形態によれば、剥離可能な膜である絶縁性有機膜 3 2 と導電性膜 3 3 との 2 層を成膜してから F I B を行っているため、F I B にビーム拡がりがあっても、パターン縁部において余分にエッチングされるのは、パターニング後に除去される絶縁性有機膜 3 2 の上端部分のみであり、マスクパターンとして重要なその下端部分は余分にエッチングされるようなことがなくなるから、マスクパターニング加工の解像度を大幅に高めることができ、加工精度が大きく向上する。さらに、絶縁性有機膜 3 2 の上に導電性膜 3 3 が設けられているため、F I B の荷電イオンによる電荷が面積の大きいこの導電性膜 3 3 側へ逃げるので基板 3 0 が帯電することはなくなり、この基板 3 0 上に存在する他の薄膜の静電破壊を効果的に防止することができる。

また、導電性膜 3 3 が接地された膜であれば、電荷が接地側へ逃げるため、より確実な静電破壊防止効果を期待することができる。

なお、図 3 a ~ 3 f の実施形態においては、基板 3 0 上に絶縁性有機膜 3 2 及び導電性膜 3 3 の 2 層を積層して F I B を行っているが、これら 2 層に加えてさらなる膜を設けて F I B を行っても良い。また、絶縁性有機膜又は例えば導電性有機膜のごとき剥離可能な導電性膜の単層を積層して F I B を行っても良い。ただし、後者の場合は、静電破壊防止

効果は期待できない。

図4 a～4 gは本発明のさらに他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である。この実施形態は、リフトオフ法におけるマスクをF I Bによってパターニングする方法である。被パターニング薄膜としては、薄膜デバイスのいかなる膜であっても良い。薄膜磁気ヘッドにおいては、例えば、磁気抵抗効果素子の縦バイアス膜、リード導体膜等がある。

図4 aに示すように、まず、基板又はパターニングすべき薄膜の下層となる層4 0を用意し、その上に、図4 bに示すように、剥離可能な膜として例えば絶縁性有機膜4 2をその上に塗布し、さらに、図4 cに示すように、その上に導電性膜4 3をスパッタリング又は塗布等により成膜する。

その後、図4 d及び4 eに示すように、F I Bにより不要部分をエッチング除去する。特に本実施形態では、F I Bの際に、ビームに対して基板4 0を傾けてエッチングすることによって、パターニングされた導電性膜4 3'及びパターニングされた絶縁性有機膜4 2'の側面形状が逆テーパ状（逆台形状）となっている。

次いで、図4 fに示すように、これらパターニングされた導電性膜4 3'及びパターニングされた絶縁性有機膜4 2'をマスクとして、パターニングすべき薄膜4 4をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、通常のリフトオフ法と同様に、有機溶剤等によってマスクパターンを除去する、即ちパターニングされた絶縁性有機膜4 2'を熔融し、これをその上の導電性膜4 3'と共に除去することによって、図4 gに示すようなパターニングされた薄膜4 4'が得られる。

本実施形態における、適用可能な材料、作用効果、及び変更態様等は、図3 a～3 fの実施形態の場合と同様である。

図5 a～5 gは本発明のまたさらに他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である。この実施形態は、F I Bによって被パターニング薄膜を直接的にパターニングする方法とリフトオフ法との併用方法である。パターニングすべき薄膜としては、薄膜デバイスのいかなる膜であっても良い。薄膜磁気ヘッドにおいては、例えば、磁気抵抗効果素子を構成する薄膜又は多層膜、磁気抵抗効果素子の縦バイアス膜、リード導体膜等がある。

図5 aに示すように、まず、基板又はパターニングすべき薄膜の下層となる層5 0を用意し、その上に、図5 bに示すように、パターニングすべき第1の薄膜5 1をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、図5 cに示すように、剥離可能な膜として例えば絶縁性有機膜5 2をその上に塗布し、さらに、図5 dに示すように、その上に導電性膜5 3をスパッタリング又は塗布等により成膜する。

その後、図5 eに示すように、F I Bにより不要部分をエッチング除去することによってパターニングされた導電性膜5 3'、パターニングされた絶縁性有機膜5 2'及びパターニングされた第1の薄膜5 1'が得られる。

次いで、図5 fに示すように、これらパターニングされた導電性膜5 3'、パターニングされた絶縁性有機膜5 2'及びパターニングされた第1の薄膜5 1'をマスクとして、

パターニングすべき第2の薄膜54をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、通常のリフトオフ法と同様に、有機溶剤等によってマスクパターンを除去する、即ちパターニングされた絶縁性有機膜52'を熔融し、これをその上の導電性膜53'と共に除去することによって、図5gに示すようなパターニングされた第1の薄膜51'及びパターニングされた第2の薄膜54'が得られる。

なお、剥離可能な膜としては、塗布等により薄膜化できかつ有機溶剤に溶けるものであれば絶縁性有機膜に限定されないことは明らかである。例えば、後述するように、導電性有機膜であっても良い。

絶縁性有機膜52としては、例えばレジスト等の有機樹脂膜があげられる。具体的なレジスト材料としては、ポリグリシジルメタクリレート、グリシジルメタクリレート及びエチルアクリレート重合体、クロロメチル化ポリスチレン、ポリビニルフェノール+アジド化合物、及びノボラック系樹脂+架橋剤+酸発生剤等のネガ型レジスト材料や、ポリメチルメタクリレート、ポリ（ブテン-1-スルホン）、ノボラック系樹脂+溶解阻害剤、例えばPMP S（ポリ（2-メチルペンテン-1-スルホン）、ポリ（2, 2, 2-トリフルオロエチル-2-クロロアクリレート）、アルファメチルスチレン及びアルファクロロアクリル酸の共重合体、及びノボラック系樹脂+キノンジアジド等のポジ型レジスト材料等がある。

導電性膜53としては、金属膜又は導電性有機膜があげられる。金属膜としては、あらゆる種類の金属材料が適用可能である。具体的な導電性有機膜材料としては、ポリ（イソチアナフテンジイルスルホネート）、TCNQ鎖体+ポリマー、ポリ（3-チエニルアルカンスルホン酸化合物）、及びスルホン化ポリアニリンのアンモニア塩等がある。また、導電性膜53としてカーボンを用いても良い。

上述したように、本実施形態によれば、パターニングすべき第1の薄膜51上に剥離可能な膜である絶縁性有機膜52と導電性膜53との2層を成膜してからFIBを行っているため、FIBにビーム拡がりがあっても、パターン縁部において余分にエッチングされるのは、パターニング後に除去される絶縁性有機膜52の上端部分のみであり、パターニングすべき第1の薄膜51は余分にエッチングされるようなことがなくなる。従って、この第1の薄膜51のパターニング精度が向上することはもちろんのこと、次の第2の薄膜54のパターニングにおけるマスクパターンとして重要な余分もエッチングされるようなことがなくなるから、マスクパターニング加工の解像度を大幅に高めることができ、第1及び第2の両薄膜の加工精度が大きく向上する。さらに、絶縁性有機膜52の上に導電性膜53が設けられているため、FIBの荷電イオンによる電荷が面積の大きいこの導電性膜53側へ逃げるのでパターニングすべき第1の薄膜51が帯電することはなくなり、その静電破壊を効果的に防止することができる。

また、導電性膜53が接地された膜であれば、電荷が接地側へ逃げるため、より確実な静電破壊防止効果を期待することができる。

なお、図5a～5gの実施形態においては、パターニングすべき第1の薄膜51上に絶縁性有機膜52及び導電性膜53の2層を積層してFIBを行っているが、これら2層に加えてさらなる膜を設けてFIBを行っても良い。また、絶縁性有機膜又は例えば導電性有機膜のごとき剥離可能な導電性膜の単層を積層してFIBを行っても良い。ただし、後

者の場合は、静電破壊防止効果は期待できない。

図6 a～6 hは本発明のさらに他の実施形態における薄膜パターニング方法を示す工程図である。この実施形態は、FIBによって被パターニング薄膜を直接的にパターニングする方法とリフトオフ法との併用方法である。パターニングすべき薄膜としては、薄膜デバイスのいかなる膜であっても良い。薄膜磁気ヘッドにおいては、例えば、磁気抵抗効果素子を構成する薄膜又は多層膜、磁気抵抗効果素子の縦バイアス膜、リード導体膜等がある。

図6 aに示すように、まず、基板又はパターニングすべき薄膜の下層となる層60を用意し、その上に、図6 bに示すように、パターニングすべき第1の薄膜61をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、図6 cに示すように、剥離可能な膜として例えば絶縁性有機膜62をその上に塗布し、さらに、図6 dに示すように、その上に導電性膜63をスパッタリング又は塗布等により成膜する。

その後、図6 e及び6 fに示すように、FIBにより不要部分をエッチング除去する。特に本実施形態では、FIBの際に、ビームに対して基板60を傾けてエッチングすることによって、パターニングされた導電性膜63'、パターニングされた絶縁性有機膜62'及びパターニングされた第1の薄膜61'の側面形状が逆テーパ状（逆台形状）となっている。

次いで、図6 gに示すように、これらパターニングされた導電性膜63'、パターニングされた絶縁性有機膜62'及びパターニングされた第1の薄膜61'をマスクとして、パターニングすべき第2の薄膜64をスパッタリング等によって成膜する。

次いで、通常のリフトオフ法と同様に、有機溶剤等によってマスクパターンを除去する、即ちパターニングされた絶縁性有機膜62'を溶融し、これをその上の導電性膜63'と共に除去することによって、図6 hに示すようなパターニングされた第1の薄膜61'及びパターニングされた第2の薄膜64'が得られる。

本実施形態における、適用可能な材料、作用効果、及び変更態様等は、図5 a～5 gの実施形態の場合と同様である。

以上述べた実施形態は全て本発明を例示的に示すものであって限定的に示すものではなく、本発明は他の種々の変形態様及び変更態様で実施することができる。従って本発明の範囲は特許請求の範囲及びその均等範囲によってのみ規定されるものである。

請求の範囲 (WHAT IS CLAIMED IS:)

1. パターニングすべき薄膜の表面に少なくとも1つの剥離可能な膜を形成し、収束イオンビームを用いて該少なくとも1つの剥離可能な膜及び該パターニングすべき薄膜をパターニングした後、該少なくとも1つの剥離可能な膜を除去することを特徴とする薄膜パターニング方法。
2. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜であることを特徴とする請求項1に記載の方法。
3. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、導電性有機膜であることを特徴とする請求項1に記載の方法。
4. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜と、該絶縁性有機膜上に形成された導電性膜とを含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。
5. 前記導電性膜が、接地されている膜であることを特徴とする請求項4に記載の方法。
6. 前記導電性膜が、金属膜であることを特徴とする請求項4に記載の方法。
7. 前記導電性膜が、導電性有機膜であることを特徴とする請求項4に記載の方法。
8. 請求項1に記載の薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成することを特徴とする薄膜デバイスの製造方法。
9. 請求項1に記載の薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。
10. 少なくとも1つの剥離可能な膜を形成し、収束イオンビームを用いて該少なくとも1つの剥離可能な膜をパターニングし、該パターニングした少なくとも1つの剥離可能な膜をマスクに用いてパターニングすべき薄膜を成膜した後、該パターニングした少なくとも1つの剥離可能な膜を除去することを特徴とする薄膜パターニング方法。
11. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜であることを特徴とする請求項10に記載の方法。
12. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、導電性有機膜であることを特徴とする請求項10に記載の方法。
13. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜と、該絶縁性有機膜上に形成された導電性膜とを含むことを特徴とする請求項10に記載の方法。

14. 前記導電性膜が、接地されている膜であることを特徴とする請求項13に記載の方法。

15. 前記導電性膜が、金属膜であることを特徴とする請求項13に記載の方法。

16. 前記導電性膜が、導電性有機膜であることを特徴とする請求項13に記載の方法。

17. 請求項10に記載の薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成することを特徴とする薄膜デバイスの製造方法。

18. 請求項10に記載の薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

19. パターニングすべき第1の薄膜の表面に少なくとも1つの剥離可能な膜を形成し、収束イオンビームを用いて該少なくとも1つの剥離可能な膜及び該パターニングすべき第1の薄膜をパターニングし、該パターニングした少なくとも1つの剥離可能な膜及び該パターニングした第1の薄膜をマスクに用いてパターニングすべき第2の薄膜を成膜した後、該パターニングした少なくとも1つの剥離可能な膜を除去することを特徴とする薄膜パターニング方法。

20. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜であることを特徴とする請求項19に記載の方法。

21. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、導電性有機膜であることを特徴とする請求項19に記載の方法。

22. 前記少なくとも1つの剥離可能な膜が、絶縁性有機膜と、該絶縁性有機膜上に形成された導電性膜とを含むことを特徴とする請求項19に記載の方法。

23. 前記導電性膜が、接地されている膜であることを特徴とする請求項22に記載の方法。

24. 前記導電性膜が、金属膜であることを特徴とする請求項22に記載の方法。

25. 前記導電性膜が、導電性有機膜であることを特徴とする請求項22に記載の方法。

26. 請求項19に記載の薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成することを特徴とする薄膜デバイスの製造方法。

27. 請求項19に記載の薄膜パターニング方法を用いて少なくとも一部の薄膜パターンを形成することを特徴とする薄膜磁気ヘッドの製造方法。

開示の要約 (ABSTRACT OF THE DISCLOSURE)

パターニングすべき薄膜の表面に少なくとも1つの剥離可能な膜を形成し、FIBを用いて少なくとも1つの剥離可能な膜及び被パターニング薄膜をパターニングした後、少なくとも1つの剥離可能な膜を除去する。

特許庁蔵書